

УДК 655.226.59, 655.3.062.2

ВПЛИВ СТРУКТУРИ РАСТРУ НА УТВОРЕННЯ МУАРУ У КОЛЬОРОВОМУ ДРУЦІ

Л. О. Яценко, Н. Є. Кулішова, Ж. В. Дейнеко

*Харківський національний університет радіоелектроніки
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166, Україна*

У статті розглянуто проблему виникнення муару під час поліграфічного відтворення кольорових зображень та шляхи його мінімізації. Описано природу муарового ефекту як результату накладання періодичних растрових структур, що може значно впливати на якість друку. Підкреслено, що розуміння принципів растрування дозволяє дизайнерам не лише уникати дефектів друку, а творчо використовувати технічні засоби для посилення естетичних характеристик видань. Досліджено особливості використання регулярних (амплітудно-модульованих) і нерегулярних (частотно-модульованих або стохастичних) растрів, їх вплив на тонопередачу, чіткість зображення та відсутність муару. Наголошено на важливості взаємодії між графічним дизайном і поліграфічними технологіями для досягнення художньої виразності в друкованій продукції. Стаття може бути корисною для графічних дизайнерів, поліграфістів, технологів та фахівців у сфері кольороподілу та підготовки до друку, оскільки висвітлює важливі аспекти взаємозв'язку технологічних рішень із художнім результатом.

Ключові слова: растрування, растр, растрова точка, муар, розетковий муар, амплітудно-модульоване растрування, частотно-модульоване растрування.

Постановка проблеми. Для отримання багатоколірного растрового зображення під час друкування необхідне точне суміщення кольороподілених однофарбових растрових зображень. Недотримання цієї умови може спричинити появу періодичного візерунка, відомого як муар. Муар – це оптичне явище, яке виникає в результаті накладання двох або більше періодичних площинних структур. Унаслідок цього формується нова періодична структура зі світлими і темними зонами, частота яких є нижчою за частоту базових структур.

Муар не лише погіршує зовнішній вигляд репродукції, а й впливає на точність кольоропередачі. Через неточне суміщення растрових структур растрові елементи можуть частково або повністю не збігатися, що змінює характер кольорового зображення. Внаслідок цього відбиток залежить не лише від кількості фарб, а й від взаємного розташування растрових елементів. При використанні регулярного растру повністю уникнути муару неможливо, проте його прояви можна зменшити – зокрема шляхом збільшення лініатури растру або обертанням растрових структур одна відносно одної. У чотириколірному друці поширеним є так званий розетковий муар – характерний візерунок, який вкриває всю площу відбитка та добре помітний при збільшенні.

Окрім муару, регулярні растри мають й інші недоліки – зокрема, відносно низьку чіткість і різкість зображень у зонах дрібних деталей.

Використання нерегулярних растрів дозволяє уникнути утворення муару та покращити якість передачі деталей, однак не виключає появи сюжетних муарів — наприклад, при репродукуванні зображень із регулярною текстурою (тканини, сітки тощо).

Серед обмежень нерегулярного растрування – вища вимогливість до витратних матеріалів, обладнання та дотримання технологічного процесу. Дискусії щодо переваг регулярних і нерегулярних растрів тривають. Більшість фахівців погоджуються, що вибір типу растру слід здійснювати індивідуально для кожного сюжету.

Сьогодні при поліграфічному відтворенні кольорових ілюстраційних оригіналів вирішуються три ключові завдання: відтворення різкості, градацій тонів (тоновідтворення) і кольору (кольоровідтворення). Між графічним дизайном і поліграфією існує певне розмежування: поліграфія – це складна галузь, що вимагає від фахівця специфічних технічних знань. Водночас, розуміння принципів використання регулярних і нерегулярних растрових структур у кольороподільних технологіях відкриває графічному дизайнеру нові можливості для реалізації художніх задумів у поліграфічній продукції. Це сприяє зближенню художнього образу макета й готового друкованого виробу, підсилює художню виразність та дозволяє більш точно досягати поставлених візуальних цілей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика муароутворення в процесі поліграфічного відтворення багатоколірних зображень активно досліджується в науково-технічній літературі з друкарських технологій, кольорознавства та комп'ютерної графіки. Багато науковців акцентують увагу на важливості точного суміщення растрових структур при традиційному процесі кольороподілу із застосуванням регулярного растру. У працях Казьмірович О. [1, 2] розглядається вплив параметрів регулярного та стохастичного растрування на якість кольоровідтворення, коли неточне суміщення растрів спричиняє утворення муару, який негативно впливає на передачу тонких градацій кольору. Наголошується, що основною причиною муару є взаємне накладання періодичних растрових структур, що формуються під час друку ілюстрацій в чотирьох фарбах за схемою СМУК.

У дослідженнях Кіппхан Г., Шарма Г. [3, 4] детально проаналізовано вплив геометрії растру (кут повороту, форма растрової точки, лініатура) на утворення розеткового муару, а також визначено оптимальні кути повороту растрових сіток для мінімізації видимості цього ефекту. Водночас підкреслено, що муар не лише естетичний дефект, а і фактор, який впливає на точність передавання кольору, особливо в зонах тонких градацій. З іншого боку, вітчизняні та зарубіжні дослідники останніх років звертають дедалі більше уваги на перспективи застосування нерегулярного (стохастичного) растрування. У працях сучасних дослідників [5-7] відзначено, що стохастичне растрування дозволяє уникнути класичних геометричних муарів, забезпечити більш рівномірний розподіл растрових точок і досягнути високої деталізації зображень. Однак, як свідчать дослідження [8-10], цей підхід потребує

значно більш точного контролю над технологічними параметрами друку, а також використання спеціального обладнання й матеріалів, що підвищує вимоги до виробничої дисципліни.

Окрема увага в сучасних публікаціях приділяється синергії між графічним дизайном і технологією друку. Зокрема, у роботах [6, 7, 9] доведено, що глибоке розуміння дизайнером особливостей растровання дає змогу свідомо формувати художню структуру зображення з урахуванням обмежень технології. Це зближує художній макет і готове друковане видання, підвищуючи точність кольоровідтворення і візуальну виразність.

Таким чином, аналіз останніх досліджень засвідчує наявність двох домінуючих напрямів: удосконалення традиційних методів регулярного растровання через оптимізацію параметрів (кутів, форм, лініатури) та впровадження інноваційних стохастичних підходів для досягнення максимальної якості зображення. Обидва напрями залишаються актуальними та потребують подальших прикладних досліджень, особливо з урахуванням практичних потреб дизайнерів і друкарських підприємств.

Мета статті. Метою роботи є визначення впливу параметрів введення і виведення зображення в комп'ютерних засобах на одержуваний результат – образно-художню виразність у графічному дизайні.

Сучасні технології поліграфії все більше інтегруються з цифровими інструментами графічного дизайну, що вимагає від фахівців міждисциплінарних знань. Успішне відтворення ілюстрацій потребує розуміння фізичних та оптичних властивостей зображення на різних етапах виробництва – від цифрової підготовки до друкарського процесу. У цьому контексті важливу роль відіграє правильне використання растрових структур, які безпосередньо впливають на якість передання різкості, тону та кольору [11-14]. Для дизайнера, який має знання про способи растровання, відкривається можливість цілеспрямовано впливати на естетичні характеристики друкованого продукту. Це дозволяє не лише уникати дефектів, таких як муар, а й посилювати художню виразність за рахунок точного контролю над графічними елементами. Синергія технічних знань і художнього бачення забезпечує високий рівень відповідності між цифровим макетом і поліграфічним відбитком.

Виклад основного матеріалу дослідження. Растровання визначається як процес перетворення напівтонового зображення з безперервним розподілом оптичної щільності у мікроштрихове, дискретне. Найпоширеніший серед методів растровання в поліграфії зараз – цифровий. Практично всі вивідні пристрої обладнані растровими процесорами (RIP – Raster Image Processor), які безпосередньо виконують це перетворення.

Якщо растрові структури з відстані розглядання зображення здаються досить дрібними, то завдяки інтегруючій дії ока це зображення «розмивається», і, отже, спостерігач сприймає растрове зображення як безперервне тонове, що візуально відповідає оригіналу з його півтоновими переходами. Лініатура – просторова частота растрових решіток, в комірках якої розташовані растрові точки.

Для досягнення кращого візуального результату друку лініатура має бути якомога вищою: чим більша кількість точок на одиницю площі зображення, тим більше деталей зображення можна передати, і тим менше ці точки будуть помітні оку, залишаючи враження безперервного півтонового зображення. Око при спостереженні растрової структури з лініатурою 33 лін/см (відповідає відстані між растровими точками $w = 1/L = 0,30$ мм) з нормальної відстані (приблизно 35 см) не здатне розрізнити окремі растрові точки (рис. 1) [3, 15].

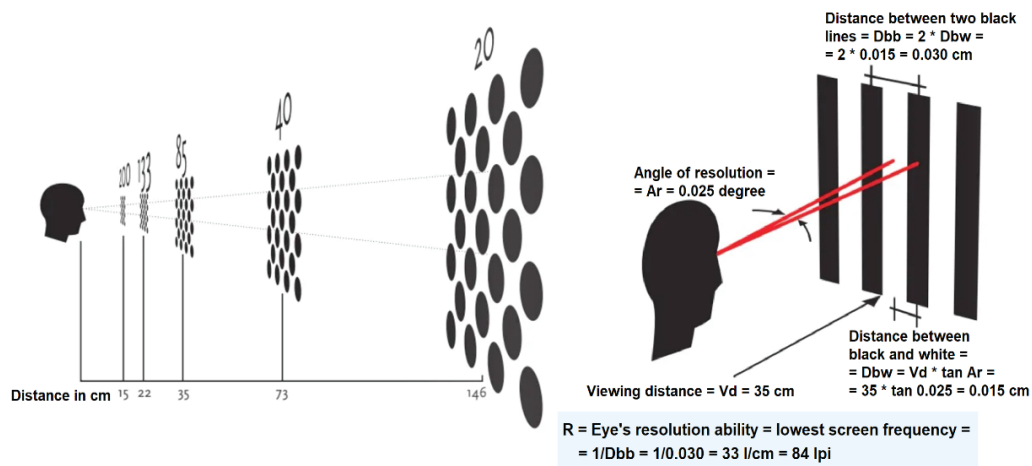


Рис. 1. Розрізнення лінійних структур оком людини за нормальних умов розгляду

У тому випадку, коли растрові точки розташовуються на однаковій відстані одна від одної, растр називається регулярним, а спосіб растрування амплітудно-модульованим, або АМ-раструванням. Якщо ж растрові точки розташовані нерегулярно, растр називається стохастичним, а спосіб растрування частотно-модульованим, або ЧМ (FM – Frequency modulated) раструванням (рис. 2).

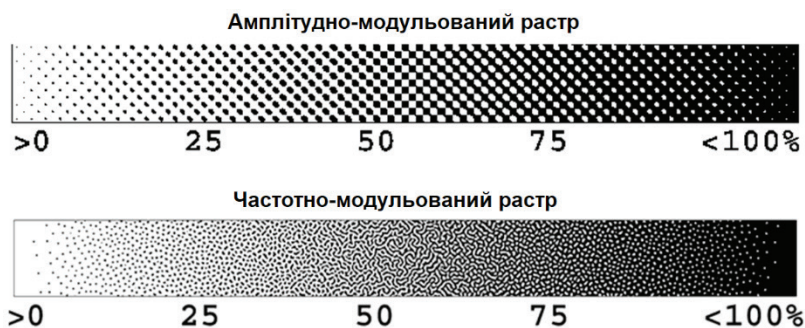


Рис. 2. Приклади регулярного АМ та нерегулярного ЧМ-растрування

Мозок людини може легко розрізнити візерунки, що розташовані під кутами 0° та 90° , тому рядки растрових точок доводиться нахилити, щоб зробити їх менш помітними. Оскільки чорна фарба зазвичай має найвищий контраст із поверхнею

друку, вона також справляє найсильніше враження на мозок. Тому растр для чорної фарби нахилиють до 45° , кута, який найменше відволікає мозок. Жовтий колір має найнижчий контраст, тому його растр отримує «найгірший» кут растру, або 0° . Під час друку чотирма кольорами растр для кожного компонентного кольору розміщується під різними кутами, щоб уникнути ефекту муару. Кути блакитного та пурпурового растрів орієнтують якомога ближче до 45° у протилежних напрямках (рис. 3). Ці запропоновані кути застосовуються лише до офсетного друку. Інші методи друку, такі як шовкотрафаретний друк або глибокий друк, вимагають іншої орієнтації.

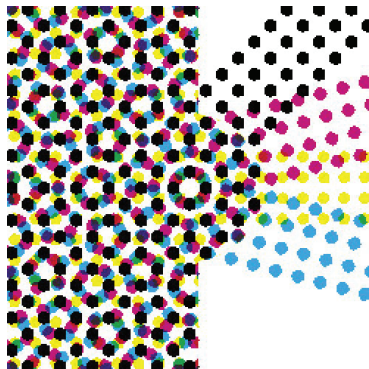


Рис. 3. Кути повороту растрових структур, прийняті в чотириколірній репродукції

Муар – небажані періодичні структури, що утворюються в результаті інтерференції між двома або більше двовимірними періодичними структурами. Найнебезпечнішими в плані виникнення муару досі залишаються коричневі і фіолетові кольори і відтінки. Для запобігання муару компанія Heidelberg Prepress дає кілька рекомендацій користувачам своїх растрових процесорів:

- найбільш сюжетно важливі фарби потрібно розташовувати під кутом не менш 30° одна від одної. Наприклад, якщо зображення у відповідальних частинах містить тілесні тони, то потрібно поміняти місцями пурпурну і чорну фарби для запобігання муару між жовтою і пурпурною фарбами. Таке розташування кутів нерідко використовується за замовчуванням. Якщо найбільш важливі частини зображення містять зелені тони, то слід поміняти місцями блакитну і чорну фарби для запобігання муару між жовтою і блакитною;
- при трифарбовому друці, або коли процентний вміст фотоформи чорної фарби низький, жовту фарбу розташовують під кутом 45° ;
- використання технологій UCR і GCR також знижує імовірність виникнення муару. Це пов'язано з тим, що зі зростанням рівня чорної фарби знижується процентний вміст інших фотоформ.

Відповідно до цих рекомендацій та багаточисленних досліджень компанія Heidelberg розробила і впровадила кілька систем растрових кутів, властивості яких подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Системи растрових кутів компанії Heidelberg

Колір фарби	Кут повороту растру, °	Лініатура растру по відношенню до горизонтально орієнтованої решітки
IS-Classic (Irrational Screening)		
Блакитна	165	0.943
Пурпурова	45	0.943
Жовта	0	1
Чорна	105	0.943
IS Y Fine		
Блакитна	105	0.943
Пурпурова	165	0.943
Жовта	0	1.414
Чорна	45	0.943
IS Y60		
Блакитна	165	0.943
Пурпурова	105	0.943
Жовта	60	0.943
Чорна	45	0.943
IS CMYK+7,5°		
Блакитна	172,5	1.0
Пурпурова	52,5	1.0
Жовта	7,5	1.0
Чорна	112,5	1.0
Rational Tangent (RT) Screening		
Блакитна	161,6	1.054
Пурпурова	108,4	1.054
Жовта	0	1.0
Чорна	45	0.943

Коли кути растру, що використовуються під час друку, добре збігаються, отриманий відбиток має візерунок, схожий на розетку (рис. 2). Усі аналогові пробні відбитки, а деякі цифрові, дозволяють чітко відтворювати растрові точки, і в результаті розеткові візерунки можуть бути дуже помітними в деяких частинах друкованого зображення, але це вважається нормальним «явищем растру», на відміну від муару. Чим нижча частота растру, тим помітніші розетки. Тому одним з засобів зниження помітності цієї регулярної розеткової структури є підвищення лініатури растру. В свою чергу, лініатура друкування нерозривно пов'язана з частотою

дискретизації під час введення зображень. Від обраної роздільної здатності під час фотографування чи сканування оригіналу також залежать: об'єм файлу, швидкість обробки документу в програмі редагування зображень, тривалість препрес-процесів і час виведення на друкування. У більшості випадків коефіцієнта растровування, рівного 1.5, достатньо для оптимального відтворення деталей і контрасту. Єдиним виключенням з цього правила можуть бути надзвичайно деталізовані зображення на кшталт архітектурних креслень.

Під час введення оригіналів, надрукованих за допомогою регулярних растрів, муар зазвичай виникає під час друку зображень. Це пояснюється тим, що зображення на щойно відсканованому друкованому продукті вже мають періодичну структуру, яка буде взаємодіяти з новим растром. Більшість професійних сканерів мають фільтри для зменшення цього ризику. Зараз з цією метою розробляють та впроваджують методи, засновані на застосуванні машинного навчання та штучного інтелекту [16-18].

Растрові структури є складними багатокомпонентними системами, що описуються великою кількістю параметрів, серед них лініатура і кути нахилу растрів фарб. Ще одна властивість растрової структури, що впливає на якість остаточного зображення, – це форма точки. Вибір оптимальної форми точки здатний значною мірою поліпшити якість репродукції. Завдяки технології цифрового растровування з'явилася можливість створення растрових елементів із заздалегідь заданими параметрами та формою. Растрові структури можуть бути створені з елементами різної форми: круглої, еліптичної, квадратної (рис. 4), подушкоподібної, бочкоподібної або навіть неправильної геометричної.



Рис. 4. Форма растрових точок

Прямі штрихи різної ширини можуть бути растровими елементами в лінійному растрі; серед можливих форм растрових елементів – хвилясті лінії, концентричні кола, прямокутники, хрести тощо (рис. 5). Кожен з видів точок може бути використаний в залежності від способу друку, структури і сюжету зображення на репродукції.

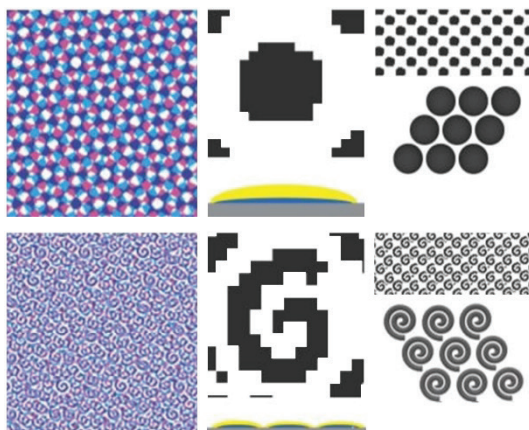


Рис. 5. Порівняння круглих та спіральних растрових точок

Серед цього розмаїття форм растрових елементів для офсету та флексографії як оптимальна була визначена форма еліпса. Ця точка спочатку майже кругла в світлах, а потім стає все більш еліптичною (рис. 6).



Рис. 6. Еліптична форма растрових точок

Коли точки з'єднуються вперше на 44%, точка набуває ромбічної форми. Після з'єднання точок вдруге, на 61%, спочатку створюються ромбічні форми, потім еліптичні, і нарешті знову з'являються круглі пробіли в тінях. В офсетному друці відбувається стрибок щільності, коли точки з'єднуються. У випадку еліптичних точок стрибок щільності розділяється на два кроки, що зменшує ефект стрибка і полегшує керування за допомогою градаційних кривих. Ця форма точки також рекомендується для шовкографії, високого друку та гравюрного друкування.

В поліграфії використовуються нерегулярні структури, які плавно передають зміни градацій зображення, добре відтворюють на відбитку дрібні деталі і тонкі переходи кольору. Акварельні малюнки і пастельні кольори передаються на зображенні відбитку без спотворення в порівнянні із зображенням оригіналу. Такі структури складаються з окремих точок, що мають однаковий розмір, розташовуються хаотично, просторова частота розташування відповідає рівню тону кольору. Завдяки нерегулярному впорядкуванню, стохастичні растри не призводять до виникнення муару на відбитках навіть за умови невисокої точності суміщення кольороподілених складових друкованої ілюстрації (рис. 7).

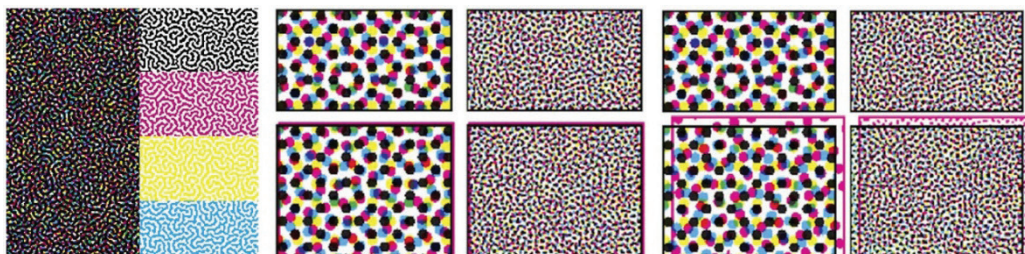


Рис. 7. Порівняння амплітудно-модульованого та частотно-модульованого растрів

Параметри растрування залежать від устаткування, на якому здійснюється виведення. радіційні нерегулярні структури характеризуються не частотою, а інтервалом частот. Інтервал залежить як від величини мінімального растрового елементу, так і від здатності структури об'єднувати окремі елементи в агрегати з великими площами. Утворення агрегатів (злиття окремих елементів структури) призводить до зниження частоти. І чим швидше структура змінює свою частоту, тим точніше вона відтворює зображення на відбитку, і особливо його контури і дрібні елементи. Дуже висока чутливість структури до зміни градації зображення може привести до появи на відбитку помилкових контурів, що негативно позначається на якості зображення (рис. 8).

Після появи перших комерційних продуктів, що давали можливість працювати зі «стохастикою», почалися спроби освоїти нову технологію, але більшість дослідів так і не перейшли в розряд, що регулярно застосовуються [19-21]. Це було обумовлено проблемами, що виникали при друкуванні і надто високими вимогами як до матеріалів, що використовувались (форм і фарб), так і до підготовки файлів.



Рис. 8. Висока чутливість структури до зміни градації зображення

Більшість формних матеріалів у той час мали недостатню роздільну здатність (найбільш поширене значення лініатури растру для журнального друку складало 133 lpi), тобто для «стохастики» необхідно було закуповувати особливі матеріали, які були досить дорогі. До того ж процес копіювання фотоформ на формні

пластини мав проходити в умовах надзвичайно високої технологічної дисципліни: адже відомо, що для того, щоб на форму не копіювалися дрібні подряпини і порошинки з фотоформи, тривалість засвічення злегка збільшують, тим самим роблячи зображення контрастнішим. У відношенні ж «стохастики» цей метод не дозволяється використовувати, оскільки усі точки, з яких складається зображення, дуже малі – 5-45 мкм. Фарби теж були потрібні особливі – з високою текучістю і високою швидкістю висихання. Що стосується підготовки файлів, то рекомендації виробників RIPів зводилися до збільшення роздільної здатності піксельних файлів приблизно на третину (до 400 dpi), що теж було неприйнятним, враховуючи, що обсяг пам'яті комп'ютера тоді складав всього декілька сотень мегабайт. Таким чином, при усій її привабливості, регулярно використовувати «стохастичку» для більшості поліграфічних підприємств було складно. До того ж, перш ніж почати отримувати виразні результати, треба було випробувати її на різних роботах. Не кожен замовник погоджувався сплатувати експерименти типографій з растровими структурами. Стохастичне растрування достатньо довго залишалося серед привабливих, але недоступних технологій.

В той же час, при стохастичному раструванні (рис. 9) стало можливим відтворювати дуже тонкі лінії, дрібні деталі і плавні переходи півтонів, що нездійсненно при використанні звичайного методу друку півтонових зображень із застосуванням регулярних растрових структур. Стохастичне растрування незамінне, коли потрібний якісний друк альбомів і фірмових каталогів, наприклад меблів, виробів зі шкіри або дерева, оформлення інтер'єру, модного одягу, де потрібно відтворення тонких фактур матеріалу.



Рис. 9. Приклад ефективності стохастичного растрування під час відтворення дрібних деталей оригіналу

Використання стохастичного растрування призводить до помітного підвищення якості кольорових зображень на відбитку при друці на папері нижчої якості в порівнянні з якістю під час друку на цьому ж папері із застосуванням традиційного растрування, наприклад під час друку багатофарбових газет і пакувань.

Підтвердилися наступні переваги стохастичних растрів:

- гарне сприйняття півтонів завдяки відсутності видимої регулярної структури;
- плавна тонопередача внаслідок відсутності стикання сусідніх точок кутами;
- відсутня необхідність в повороті растрової структури під час багатофарбового друкування;

- на відбитку не виникають додаткові низькочастотні структури у вигляді розеток і муару;
- не відбувається накладення двох періодичних структур при скануванні оригіналів – поліграфічних відбитків, а отже, менша вірогідність виникнення муару.

Якщо при регулярному раструванні для дотримання балансу сірого відсоток блакитної фарби в півтонах має перевищувати відсоток пурпурної і жовтої приблизно на третину, то при стохастичному раструванні така кількість блакитної фарби надає зображенням явний холодний відтінок.

Під час друкування двох ідентичних зображень, одне з яких має роздільну здатність в 300 dpi, а інше 400 dpi, на відбитку не знайдено між ними відмінностей. Подальше удосконалення стохастичного растрування з впровадженням технології StP дало можливість усунення розбіжностей між дизайн-оригіналом і отриманим поліграфічним відтворенням, оскільки створення об'єкту практично реалізується автором графічного дизайну [21].

Стохастичне растрування є альтернативою звичайним методам растрування і дає можливість отримувати зображення ближчі до фотографічних, причому при відносно низькій роздільній здатності друкарського пристрою. Найбільш важливим параметром при стохастичному раструванні є розмір і форма растрової точки друкарського елементу. Якщо розмір точки занадто великий, то растрова структура помітна на відбитку. Якщо розмір точки занадто малий, то виникають труднощі при копіюванні фотоформи на формну пластину (при аналоговій технології виготовлення друкарських форм), а в друкарській машині виникають труднощі в створенні на відбитку дрібної насиченої за фарбовістю точки, оскільки виникає ефект інверсії.

Застосування комп'ютерної і лазерної техніки і технологій в поліграфії внесло істотні зміни в процес виробництва друкованої продукції. Те, що традиційно було проблемою, – якісний кольороподіл з раструванням, зараз стало справою техніки, технологій і програмного забезпечення. Наочними прикладами можуть слугувати:

- технологія віднімання кольорових фарб в темних тонах зображення (UCR/ IGR);
- генерація чорного кольору при чотирифарбовому друкуванні;
- технологія друку кольорових півтонових зображень з використанням 6-8 друкарських фарб;
- технологія частотного растрування півтонових зображень.

Отже ідеальний растр в поліграфії має нерегулярну частотну структуру, що складається з однакових за формою і площею елементів, зі змінною частотою від нуля у світлотах, з інтервалом частот у півтонах і зі збільшенням частоти до певної максимальної величини в тінях зображення на відбитку. Максимальна частота залежить від розміру растрового елементу, який визначається надійністю його відтворення на фотоформі, друкарській формі і відбитку при використанні певних формних матеріалів, друкарського паперу і технології. При друкуванні однакова форма і площа точки стабілізують розтиск фарби на усіх градаційних рівнях. При цьому кругла ідеальна точка, тобто максимальна площа, при мінімальному периметрі, має мінімальний розтиск при друкуванні [22].

Висновки. Використання растрових структур у поліграфії стало важливим технічним досягненням, що значно розширило арсенал художньо-виразних засобів у графічному дизайні. Застосування регулярного растрування забезпечує можливість підвищення лініатури растра, варіативність геометричної форми растрової точки, а також відзначається економічністю та стабільністю процесу.

Частотно-модульоване (стохастичне) растрування, зі свого боку, демонструє низку переваг, серед яких – відсутність муару, покращене тоновідтворення, висока якість друку навіть на папері з невисокими показниками білизни та гладкості. Саме ці характеристики зумовлюють його активне застосування у видавничих і рекламних проектах високої складності. Незважаючи на відмінності, обидва підходи до цифрового растрування – амплітудна і частотна модуляції – не виключають один одного, а навпаки, розвиваються паралельно, відповідаючи сучасним вимогам поліграфічної галузі.

Перспективи подальшого розвитку технологій растрування полягають у вдосконаленні тонопередачі через збільшення лініатури, модифікацію форми растрових елементів у регулярних структурах, а також у вдосконаленні методів стохастичного растрування. Такий напрям забезпечує вищу точність передачі зображення та поглиблює синергію між технологічними і художніми аспектами графічного дизайну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Казьмірович О. В. (2020) Дослідження впливу параметрів стохастичного та регулярного растрування на якість друкованих зображень // Технологія і техніка друкарства. № 3(69). С. 21-28.
2. Казьмірович О. Р., Пушак А. С., Казьмірович Р. В. (2019) Розрахунок площ накладання фарб растрових крапок круглої форми методом друку «точка в точку». Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів: Укр. акад. друкарства. № 1 (41). С. 57-64.
3. Kipphan H. (2001) Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods. Berlin: Springer, 1207 p.
4. Sharma G. (2003) Digital Color Imaging Handbook / Gaurav Sharma. Boca Raton: CRC Press, 672 p.
5. Гиріна С. В. (2021) Особливості застосування стохастичного растру в цифровому друку // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. № 2. С. 103-108.
6. Ткаченко Л. С. (2023) Інтеграція дизайнерських і технічних рішень у процесі підготовки до багатоколірного друку // Мистецтвознавчі записки. Вип. 43. С. 94-98.
7. Ткаченко Л. С. (2023) Графічний дизайн у взаємодії з технологією кольоровідтворення / Л. С. Ткаченко // Мистецтвознавчі записки. № 43. С. 60-66.
8. Занько Н. В., Писанчин Н. С., Голубник Т. С., Маїк Л. Я., Ковальський Б. М. (2022) Колориметричні методи контролю якості кольоровідтворення в поліграфії / Н. В. Занько, Н. С. Писанчин, Т. С. Голубник, Л. Я. Маїк, Б. М. Ковальський // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації: монографія / редкол.: О. В. Вовк, І. Б. Чеботарьова, Ж. В. Дейнеко, та ін. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2022. С. 37-61.

9. Іванникова О. А., Кулішова, Н. Є. (2009). Дослідження точності прогнозування кольору растрового відбитка за допомогою аналітичних моделей. *Технологія і техніка друкарства*, 3(25), 42-47.
10. Кисельова, Д. С., Кулішова, Н. Є. (2016). Оцінка тоно- і кольоровідтворення технології на основі моделі ICaS. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*. Т. 1. С. 136-137.
11. Hébert M, Hersch R D. (2015) Review of spectral reflectance models for halftone prints: principles, calibration, and prediction accuracy // *Color Research & Application. Papers* 40(4): 383-397.
12. Korytkowski P., Olejnik-Krugły A., Zaikin O. (2009) A Framework for a Quality Assurance in Offset Printing // *Conference: IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, Volume: 13, December 2009, IFAC Proceedings Volumes, 13(4): 1875-1880. DOI: 10.3182/20090603-3-RU-2001.0451.
13. Graphic Communications Open Textbook Collective (2015) *Graphic Design and Print Production Fundamentals*. Victoria, B.C.: BCcampus. URL: <https://opentextbc.ca/graphicdesign/>.
14. Liu H., Hu J., Song T., Zhang L., Wang Q. (2023) Study on spectral reflectance model for color printing dot // *Second International Conference on Physics, Photonics, and Optical Engineering (ICPPOE 2023)*, ed. by Y. Liu, *Proc. of SPIE Vol. 13075*, 130751Q. doi: 10.1117/12.3026063.
15. Johansson K., Lundberg P., Ryberg R. (2011) *A Guide to Graphic Print Production*. Third edition. – Hungary, Elanders Falth & Hassler, 402 p.
16. Xu S., Song B., Chen X., Liu X., Zhou J. Image Demoiréing in RAW and sRGB Domains // *arXiv:2312.09063*<https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.09063>.
17. Wang X., Sun H., Cao T., Sun Y., Fengd M. (2025) SIDME: Self-supervised Image Demoiréing via Masked Encoder-Decoder Reconstruction // *arXiv:2504.12245*/ <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12245>.
18. Malagi V.P., Naresh E., Mithra C., Krishna Suresh B.V.N.V. (2025) Adaptive residual convolutional neural network for moire image restoration // *Int. j. inf. tecnol.* 17(2):783–791. <https://doi.org/10.1007/s41870-024-02203-3>.
19. Dharavath H. N., Bensen T. M., Gaddam B. (2005) Analysis of Print Attributes of Amplitude Modulated (AM) vs. Frequency Modulated (FM) Screening of Multicolor Offset Printing // *Journal of Industrial Technology*, 21(3).
20. Dharavath H. N. (2021) Aiming for G7 Master Compliance through a Color Managed Workflow: Comparison of Compliance with Amplitude Modulated (AM) vs. Frequency Modulated (FM) Screening of Multicolor Digital Printing // *Journal of Graphic Engineering and Design*, Volume 12 (2), 5–19. <http://doi.org/10.24867/JGED-2021-2-005>.
21. Basak S., Saritha P.C., Paul K.C. (2025) Print quality optimization in screen printing by AM and FM screening using Taguchi's Grey Relational Analysis technique // *Journal of Graphic Engineering and Design*, Volume 16 (1), 39–50. <http://doi.org/10.24867/JGED-2025-1-039>.
22. Naredanian M., Nystrom D., Zitinski Elias P., Gooran S. (2014) Physical and optical dot gain: Characterization and relation to dot shape and paper properties // *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. January 2014. DOI: 10.1117/12.2035713.

REFERENCES

1. Kaz'mirovich O. V. (2020) Doslidzhennya vplivu parametriv stokhastichnogo ta regularnogo rastruvannya na yakist' drukovanih zobrazen' // *Tekhnologiya i tekhnika drukarstva*. № 3(69). S. 21-28.
2. Kaz'mirovich O. R., Pushak A. S., Kaz'mirovich R. V. (2019) Rozrakhunok ploshch nakladannya farb rastrovyykh krapok krugloi formi metodom duku «tochka v točku». *Kompyuterni tekhnologii drukarstva : zb. nauk. prac'.* Lviv: Ukr. akad. drukarstva. № 1 (41). S. 57-64.
3. Kipphan H. (2001) *Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*. Berlin : Springer, 1207 p.
4. Sharma G. (2003) *Digital Color Imaging Handbook* / Gaurav Sharma. Boca Raton : CRC Press, 672 p.
5. Girina S. V. (2021) Osoblivosti zastosuvannya stokhastichnogo rastru v cifrovomu druci // *Visnik Kharkivskoi derzhavnoi akademii dizajnu i mistectv*. № 2. S. 103-108.
6. Tkachenko L. S. (2023) Integraciya dizajners'kikh i tekhnichnikh rishen' u procesi pidgotovki do bagatokolirnogo duku // *Mistectvoznachchi zapiski*. Vip. 43. S. 94-98.
7. Tkachenko L. S. (2023) Grafichnij dizajn u vzaemodii z tekhnologiej kol'orovidvorennya / L. S. Tkachenko // *Mistectvoznachchi zapiski*. № 43. S. 60-66.
8. Zan'ko N. V., Pisanchin N. S., Golubnik T. S., Majek L. Ya., Koval's'kiyi B. M. (2022) Kolorimetrichni metodi kontrolyu yakosti kol'orovidvorennya v v poligrafii / N. V. Zan'ko, N. S. Pisanchin, T. S. Golubnik, L. Ya. Majek, B. M. Koval's'kij // *Poligrafichni, mul'timedijni ta web-tekhnologii. Innovacii: monografiya* / redkol.: O. V. Vovk, I. B. Chebotar'ova, Zh. V. Deineko, ta in. Kharkiv: TOV «Drukarnya Madrid», 2022. S. 37-61.
9. Ivannykova O. A., & Kulishova, N. Ie. (2009). Doslidzhennia tochnosti prohnzuvannya koloru rastrovoho vidbytka za dopomohoiu analitychnykh modelei. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 3(25), S. 42-47.
10. Kyselova, D.S., & Kulishova, N.Ie. (2016). Otsinka tono- i kolorovidvorennya tekhnologii na osnovi modeli ICaS. *Polihrafichni, multymediyini ta web-tekhnologii*. T. 1. S. 136-137.
11. Hébert M, Hersch R D. (2015) Review of spectral reflectance models for halftone prints: principles, calibration, and prediction accuracy // *Color Research & Application. Papers* 40(4): 383-397.
12. Korytkowski P., Olejnik-Krugły A., Zaikin O. (2009) A Framework for a Quality Assurance in Offset Printing // *Conference: IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, Volume: 13, December 2009, IFAC Proceedings Volumes, 13(4): 1875-1880. DOI: 10.3182/20090603-3-RU-2001.0451.
13. *Graphic Communications Open Textbook Collective* (2015) *Graphic Design and Print Production Fundamentals*. Victoria, B.C.: BCcampus. URL: <https://opentextbc.ca/graphicdesign/>.
14. Liu H., Hu J., Song T., Zhang L., Wang Q. (2023) Study on spectral reflectance model for color printing dot // *Second International Conference on Physics, Photonics, and Optical Engineering (ICPPOE 2023)*, ed. by Y. Liu, Proc. of SPIE Vol. 13075, 130751Q. DOI: 10.1117/12.3026063.
15. Johansson K., Lundberg P., Ryberg R. (2011) *A Guide to Graphic Print Production*. Third edition. – Hungary, Elanders Falh & Hassler, 402 p.

16. Xu S., Song B., Chen X., Liu X., Zhou J. Image Demoiréing in RAW and sRGB Domains // arXiv:2312.09063 <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.09063>.
17. Wang X., Sun H., Cao T., Sun Y., Fengd M. (2025) SIDME: Self-supervised Image Demoiréing via Masked Encoder-Decoder Reconstruction // arXiv:2504.12245/ DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12245>.
18. Malagi V. P., Naresh E., Mithra C., Krishna Suresh B.V.N.V. (2025) Adaptive residual convolutional neural network for moire image restoration // Int. j. inf. tecnol. 17(2):783–791. <https://doi.org/10.1007/s41870-024-02203-3>.
19. Dharavath H. N., Bensen T. M., Gaddam B. (2005) Analysis of Print Attributes of Amplitude Modulated (AM) vs. Frequency Modulated (FM) Screening of Multicolor Offset Printing // Journal of Industrial Technology, 21(3).
20. Dharavath H. N. (2021) Aiming for G7 Master Compliance through a Color Managed Workflow: Comparison of Compliance with Amplitude Modulated (AM) vs. Frequency Modulated (FM) Screening of Multicolor Digital Printing // Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 12 (2), 5–19. DOI: <http://doi.org/10.24867/JGED-2021-2-005>.
21. Basak S., Saritha P.C., Paul K.C. (2025) Print quality optimization in screen printing by AM and FM screening using Taguchi's Grey Relational Analysis technique // Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 16 (1), 39–50. DOI: <http://doi.org/10.24867/JGED-2025-1-039>.
22. Naredanian M., Nystrom D., Zitinski Elias P., Gooran S. (2014) Physical and optical dot gain: Characterization and relation to dot shape and paper properties // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. January 2014. DOI: 10.1117/12.2035713.

doi: 10.32403/0554-4866-2025-1-89-149-164

INFLUENCE OF RASTER STRUCTURE ON MOIR FORMATION IN COLOR PRINTING

L. O. Yatsenko, N. E. Kulishova, Zh. V. Deineko

Kharkiv National University of Radio Electronics
Nauky Ave. 14, Kharkiv, 61166, Ukraine
andrii.biziuk@nure.ua

The article explores the influence of input and output image parameters in digital design tools on the resulting artistic expressiveness in graphic design, particularly in the context of print production. With the increasing integration of printing technologies and digital workflows, designers must navigate both creative and technical domains. The ability to reproduce illustrations with high aesthetic quality depends significantly on understanding the physical and optical properties of images at each production stage—from digital preparation to the printing process.

A key issue examined is the formation of moiré patterns, a common visual distortion caused by the overlapping of periodic halftone structures. The paper investigates strategies to minimize this effect through the use of different rasterization methods. Specifically,

it analyzes amplitude-modulated (AM) screening, characterized by regular dot patterns with variable size, and frequency-modulated (FM or stochastic) screening, which uses equal-sized dots distributed irregularly. Each approach affects tone reproduction, image sharpness, and color quality in different ways.

The study highlights that AM screening offers stability, cost-efficiency, and opportunities to adjust screen ruling and dot geometry, while FM screening provides superior tone gradation, eliminates moiré artifacts, and achieves high-quality results even on lower-grade paper. The coexistence and development of both methods reflect the technological diversity of modern printing practices. Importantly, the paper emphasizes the creative advantages for designers who understand these techniques. Knowledge of half-tone principles allows professionals not only to prevent technical defects but also to intentionally shape the visual impact of printed works.

The article is relevant for graphic designers, print technologists, and specialists involved in prepress and color separation who seek to enhance the artistic quality and technical reliability of printed materials.

Keywords: *rastering, raster, raster dot, moire, rosette-like moiré, amplitude-modulated rasterization, frequency-modulated rasterization*

Стаття надійшла до редакції 14.04.2025.

Received 14.04.2025.